

**КОЭФФИЦИЕНТ РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКА  
ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ**

Т.В. ЧЕСТНОВА, Е.И. САВИН, А.И. МАКАРЧЕВ

*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», пр-т Ленина, д. 92, Тула, 300028, Россия,  
тел.: (4872) 25-47-36, e-mail: tchestnova.tatiana@yandex.ru*

**Аннотация.** Постоянно накапливающаяся база лабораторных показателей требует совершенствования новых методов обработки результатов исследования. Каждый метод при этом, несомненно, требует перепроверки его другими методами. В статье рассматривается применение коэффициента ранговой корреляции Ч. Спирмена при оценке лабораторных показателей на примере анализа кала на скрытую кровь, так как он является важным диагностическим критерием определения локализации патологии желудочно-кишечного тракта. Исследования, проводившиеся нами ранее в этой области, позволили выявить совершенно различные закономерности протекания патологических процессов с точки зрения их равновесия/неравновесия в зависимости от пола пациента. Для перепроверки полученных гипотез и повышения его репрезентативности был использован бесповоротный когортный метод отбора единиц наблюдения, благодаря чему появились возможности применять выявленные ранее закономерности протекания патологических процессов в желудочно-кишечном тракте с точки зрения их равновесия/неравновесия у мужчин и у женщин при помощи применения коэффициента ранговой корреляции Ч. Спирмена. В конце статьи даются практические рекомендации по использованию полученных данных в дальнейшей научной и практической медицинской деятельности не только относительно анализа кала на скрытую кровь, но и относительно клинической лабораторной диагностики в целом.

**Ключевые слова:** коэффициент ранговой корреляции, анализ кала на скрытую кровь.

**THE RANK CORRELATION COEFFICIENT AND THE CHARACTERISTICS LABORATORY  
PARAMETERS FROM THE POINT OF VIEW OF BALANCE OF THE SYSTEM**

T.V. CHESTNOVA, E.I. SAVIN, A.I. MAKARCHEV

*Tula State University, Medical Institute, Lenin str., 92, Tula, 300028, Russia,  
tel.: (4872) 25-47-36, e-mail: tchestnova.tatiana@yandex.ru*

**Abstract.** Continually accumulating database of laboratory performance requires the improvement of new methods of processing of results of research. Each method, of course, it needs to be verified by other methods. The article discusses the application of the rank correlation the Spearman coefficient in the evaluation of laboratory performance on analysis of stool for occult blood, as it is an important diagnostic criterion to determine the localization of pathology of the gastrointestinal tract. The studies that we conducted earlier in this field revealed quite different patterns of occurrence of pathological processes from the point of view of their balance/imbalance depending on the sex of the patient. To recheck the hypotheses and to enhance its representativeness, an irrevocable cohort method of selection of observation units was used, so there were opportunities to use previously identified patterns of occurrence of pathological processes in the gastrointestinal tract from the point of view of their equilibrium/disequilibrium in men and women through the use of a rank correlation the Spearman coefficient. In the article the authors give the practical recommendations on the use of the obtained data in further research and practical health activities not only on the analysis of stool for occult blood, but also with respect to clinical laboratory diagnostics in general.

**Key words:** rank correlation coefficient, analysis of stool for occult blood.

Широко применяемый в настоящее время анализ кала на скрытую кровь, в большой клинической значимости которого нет сомнений, так как он помогает довольно быстрым и экономичным путем определить наличие и примерную локализацию – верхние или нижние отделы *желудочно-кишечного тракта* (ЖКТ) кровотечений и, как следствие, направить врача-клинициста на дальнейший расширенный поиск патологии [2], тем не менее, как и все другие анализы нуждается в интерпретации его результатов не только с позиций «норма-патология», но и с позиций равновесия или неравновесия системы. Актуальность проблемы изучения устойчивости или неустойчивости различных систем организма широко обсуждается в доступной литературе последних лет, например, в [1, 5, 7, 8, 10, 11]. Кроме того, постоянно накапливающаяся база результатов лабораторных исследований требует новых методов ее обработки с целью оптимизации работы клинико-лабораторной службы в целом. В проведенных нами ранее исследо-

ваниях [3] были проанализированы результаты скрининга 200 пациентов с неуточненными диагнозами в возрасте от 46 до 76 лет (100 мужчин и 100 женщин), у которых в анализах кала была обнаружена повышенная концентрация гемоглобина и/или трансферрина. Все анализы были взяты на исследование в 2016 г. Стандартная методика проверки результатов с позиции теории равновесных и неравновесных систем предусматривает вычисление стандартного отклонения и коэффициента вариации в исследуемых группах, применение методов корреляционного и регрессионного анализа, оценка результатов относительно правил «золотого сечения» и «золотого вурфа» [9]. Результаты исследований показали, что в группах пациентов корреляционный анализ между концентрацией гемоглобина и трансферрина в исследуемом материале и возрастом пациентов не выявил достоверной связи. Обращает на себя внимание тот факт, что коэффициент вариации при анализе концентрации гемоглобина в кале у женщин в 2 раза превышал коэффициент вариации у мужчин, что позволяет предположить более широкое разнообразие и резкое неравновесие в течении патологических процессов (преимущественно, в прямой кишке). Напротив, у мужчин коэффициент вариации концентрации трансферрина в кале превышал в 2 раза, чем аналогичный коэффициент у женщин, что позволяет предположить резкое неравновесие, неустойчивости в течении соответствующих патологических процессов (преимущественно, в верхних и средних отделах ЖКТ). Вместе с тем, обнаруженные данные характеризуют лишь протекание патологических процессов, но не говорят о преимущественной частоте встречаемости их у мужчин или у женщин ( $p > 0,05$ ) [4].

Учитывая описанные ранее выявленные нами закономерности, **целью настоящего исследования** является рассмотрение возможности применения коэффициента ранговой корреляции Ч. Спирмена как характеристики устойчивости лабораторных показателей на примере анализа кала на скрытую кровь. Для достижения поставленной цели нами решались следующие **задачи**:

1. Использовался бесповоротный когортный метод для подтверждения результатов исследования, проведенного нами в 2016 г;
2. Определялись возможности использования коэффициента ранговой корреляции для характеристики лабораторных показателей с точки зрения их устойчивости;
3. Проводился практический расчет коэффициента ранговой корреляции;
4. Рассматривались результаты исследования для практического их применения в медицине.

**Материалы и методы исследования.** Известно, что любой корреляционный анализ требует прежде всего четкой логической связи между факторным и результативным признаками. Для подтверждения результатов исследований, проведенных ранее, нами был использован бесповоротный когортный метод отбора единиц наблюдения, при котором степени как количественной, так и качественной репрезентативности наиболее высоки. Нами были проанализированы результаты скринингового исследования 1000 пациентов с неуточненными диагнозами в возрасте от 46 до 76 лет, не входящих в предыдущее исследование (500 мужчин и 500 женщин), у которых в анализах кала была обнаружена повышенная концентрация гемоглобина и/или трансферрина. Данный возрастной интервал был выбран по 3 причинам:

1. Он совпадает с интервалом, выбранным в предыдущем исследовании;
2. Деление пациентов по возрасту проводилось отдельно для мужчин и отдельно для женщин, таким образом, что возрастные различия брались из расчета 5-ти летних промежутков, причем все 12 групп (мужчины в возрасте 46-50 лет, мужчины в возрасте 51-55 лет, мужчины в возрасте 56-60 лет, мужчины в возрасте 61-65 лет, мужчины в возрасте 66-70 лет, мужчины в возрасте 71-75 лет включительно, женщины в возрасте 46-50 лет, женщины в возрасте 51-55 лет, женщины в возрасте 56-60 лет, женщины в возрасте 61-65 лет, женщины в возрасте 66-70 лет, женщины в возрасте 71-75 лет включительно);
3. Каждая из исследуемых возрастных групп представляла собой достаточно большую выборочную статистическую совокупность (не менее 50 единиц наблюдения), что повысило репрезентативность настоящего исследования.

При сравнении среднего уровня концентрации гемоглобина и трансферрина нами были использованы параметрические критерии достоверности исследования – вычисление ошибки репрезентативности средней величины, определение доверительных границ между генеральной и выборочной совокупностью, оценка достоверности разности средних величин при помощи *t*-критерия Стьюдента (уровень статистической значимости во всех исследованиях  $p < 0,05$ ). Для проверки выявленных в ходе предыдущего исследования [4] закономерностей применялось вычисление стандартного отклонения и коэффициента вариации во всех половозрастных группах, а также проведение корреляционного анализа по К. Пирсону. Показание к применению коэффициента корреляции по К. Пирсону – он использовался при оценке точных количественных данных (по дате рождения каждого пациента, соответственно, знания точного возраста в годах) в каждой возрастной группе и точными концентрациями гемоглобина и трансферрина, когда речь шла о корреляционном анализе между возрастом пациентов в каждой группе и концентрациями показателей. Также по Пирсону сравнивались между собой концентрации гемоглобина и трансферрина в аналогичных по возрасту группах мужчин и женщин (например, мужчины в возрасте 46-50 лет и женщины в возрасте 46-50 лет и т.д.). В случае же проведения корреляционного анализа между полом пациента и характеристиками показателей анализа кала на скрытую кровь применялся коэффициент кор-

реляции Ч. Спирмена. Была использована методика, согласно которой единицам наблюдения определенного пола пациента (факторный качественный признак), если установлено его влияние на результативный признак, присваивалось значение «1», а единицам наблюдения противоположного пола присваивалось значение «0», которую можно увидеть, например, в трудах Суслова В.И. и соавторов [6]. Данные значения по своему смыслу являются полуколичественными, поэтому при расчетах применялся коэффициент корреляции Ч. Спирмена. При расчетах нами были использованы статистические онлайн-калькуляторы. Результаты лабораторных исследований и их статистическая обработка сравнивались с результатами рентгенологического и эндоскопического исследований.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе проведенной работы нами было установлено, что в каждой из изучаемых 12 групп не было достоверных различий в средних концентрациях гемоглобина и трансферрина. При уровне статистической значимости  $p < 0.05$  значение  $t$ -критерия Стьюдента было  $< 2$ . При проведении корреляционного анализа по К.Пирсону между средним возрастом пациента в каждой возрастной группе и средними концентрациями исследуемых показателей, значение коэффициента корреляции давало либо прямую очень слабую, либо обратную очень слабую корреляционную связь, то есть достоверно наличие связи между средним возрастом пациента и средними концентрациями показателей анализа кала на скрытую кровь при бесповоротном когортном методе исследования обнаружено не было. Исследование коэффициента вариации концентрации гемоглобина и концентрации трансферрина в группах позволило получить следующие значения (табл.)

*Таблица*

**Коэффициенты вариации и степень разнообразия вариационного ряда в изучаемых группах**

Исследуемые группы	Коэффициент вариации концентрации гемоглобина и его интерпретация	Коэффициент вариации концентрации трансферрина и его интерпретация
Мужчины 46–50 лет	5% (слабое разнообразие)	31% (сильное разнообразие)
Мужчины 51–55 лет	7% (слабое разнообразие)	35% (сильное разнообразие)
Мужчины 56–60 лет	5,5% (слабое разнообразие)	34% (сильное разнообразие)
Мужчины 61–65 лет	8,5% (слабое разнообразие)	37% (сильное разнообразие)
Мужчины 66–70 лет	9,5% (слабое разнообразие)	40% (сильное разнообразие)
Мужчины 71–75 лет	9,6% (слабое разнообразие)	55% (сильное разнообразие)
Женщины 46–50 лет	57% (сильное разнообразие)	5% (слабое разнообразие)
Женщины 51–55 лет	44% (сильное разнообразие)	8% (слабое разнообразие)
Женщины 56–60 лет	40% (сильное разнообразие)	9,5% (слабое разнообразие)
Женщины 61–65 лет	32% (сильное разнообразие)	8,6% (слабое разнообразие)
Женщины 66–70 лет	25% (сильное разнообразие)	9,9% (слабое разнообразие)
Женщины 71–75 лет	22% (сильное разнообразие)	9,8% (слабое разнообразие)

Учитывая тот факт, что бесповоротным когортным методом исследования подтвердились результаты проведенной нами работы в 2016 г. [3], особенно влияние пола на устойчивость и разнообразие концентрации гемоглобина и трансферринов, то есть на патологию, преимущественно в нижних или в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, нами было решено, учитывая данную закономерность, продолжить исследование, используя коэффициент ранговой корреляции Ч. Спирмена. Следует отметить, что результаты рентгенологических и эндоскопических исследований, полученных у пациентов, также соответствуют данной закономерности. Так, в структуре обнаруженной патологии (процентная доля от всех выявленных заболеваний) у мужчин выявлено более широкое разнообразие различных процессов в верхних отделах ЖКТ – язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (30%), рак желудка (5%) гастроэнтериты и энтериты с изъязвлениями (20%), в нижних отделах ЖКТ преобладает геморрой (30%) и полипы толстого кишечника (10%), спастический колит (5%). Для женщин же характерно гораздо большее разнообразие патологических процессов в нижних отделах ЖКТ – геморрой (40%), анальные трещины (5%), полипы прямой кишки (5%), злокачественные образования толстого кишечника в различных отделах – 2%, полипы толстого кишечника – 10%, спастический колит (10%), тубулярная аденома толстой кишки (4%), чем в верхних отделах – язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки – 24% (тенденция к малигнизации – 4,5% случаев). Учитывая тот факт, что коэффициент вариации используется в статистике для оценки разнообразия вариационного ряда, и что во всех возрастных группах прослеживается четкая зависимость между качественным признаком «пол пациента» и разнообразием концентрации определенных показателей, в последующих расчетах при сопоставлении признаков «мужской пол» и разнообразие уровня гемоглобина, ему присвоено полуколичественное значение

«0», а при сопоставлении с разнообразием уровня трансферрина – значение «1». Аналогично при сопоставлении признаков «женский пол» и разнообразие концентрации уровня гемоглобина, ему присваивается значение «1», а при сопоставлении с разнообразием концентрации уровня трансферрина – значение «0». В расчет коэффициентов ранговой корреляции в любом случае входили все 12 исследуемых групп, то есть вся 1000 единиц наблюдения. Практические расчеты коэффициента ранговой корреляции представлены на рис. 1 и 2.

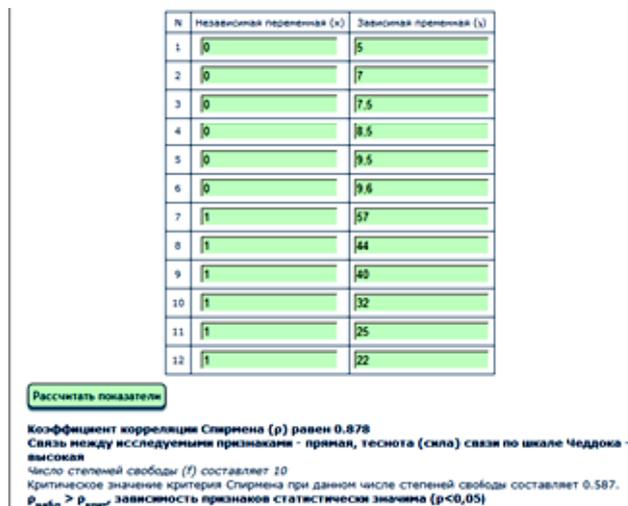


Рис. 1. Вычисление коэффициента ранговой корреляции при сопоставлении факторного признака x – пол пациента и результативного; y – коэффициент вариации показателя «гемоглобин»



Рис. 2. Вычисление коэффициента ранговой корреляции при сопоставлении факторного признака x – пол пациента и результативного; y – коэффициент вариации показателя «трансферрин»

Как видно из рис. 1 и 2, коэффициент корреляции между признаками «пол пациента» и коэффициент вариации показателя «гемоглобин» отражает прямую сильную корреляционную связь, то есть, несмотря на имеющиеся половые различия, патологические процессы в нижних отделах желудочно-кишечного тракта менее устойчивы в целом для популяции, в то же время коэффициент корреляции между признаками «пол пациента» и коэффициент вариации показателя «трансферрин» отражает прямую корреляционную связь средней силы, но в 2,3 раза меньше, чем коэффициент корреляции между признаками «пол пациента» и коэффициент вариации показателя «гемоглобин», что говорит о том, что патологические процессы в нижних отделах желудочно-кишечного тракта более устойчивы в целом для популяции.

**Заключение.** Использование бесповоротного когортного метода при изучении показателей анализа кала на скрытую кровь позволило благодаря точности самого метода и аналогичности полученных результатов расширить спектр диагностических версий при исследовании больных с патологией желудочно-кишечного тракта; учитывая, что в 2016 г. в группах пациентов корреляционный анализ между концентрацией гемоглобина и трансферрина в исследуемом материале и возрастом пациентов не выявил достоверной связи. Коэффициент вариации при анализе концентрации гемоглобина в кале у женщин достоверно превышает коэффициент вариации у мужчин, что говорит о более широком разнообразии и резком неравновесии течения патологических процессов в нижних отделах ЖКТ. Напротив, у мужчин коэффициент вариации концентрации трансферрина в кале достоверно превышает аналогичный коэффициент у женщин, что говорит о резком разнообразии, неустойчивости течения соответствующих патологических процессов в верхних и средних отделах ЖКТ. Это дало возможность применить в исследованиях на устойчивость/неустойчивость показателей коэффициент ранговой корреляции. Практическое вычисление коэффициента корреляции по Ч. Спирмену показало, что патологические процессы в нижних отделах желудочно-кишечного тракта более устойчивы в целом для популяции. Применение результатов исследования, описанных в данной статье возможно как в научной (дальнейшее исследование описанных методик обработки информации в лабораторной диагностике в целом, учитывая сам факт перегрузки лабораторной базы показателей, математическое моделирование), так и в практической медицине для обследования пациентов с патологией желудочно-кишечного тракта для контроля диагностического процесса и качества лечения.

### Литература

1. Еськов В.М., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А., Кравченко Е.Н. Третья парадигма и динамика социальных систем // Век глобализации. 2014. Выпуск №1(13). С. 43–55.
2. Клиническая лабораторная диагностика: учебное пособие. ГЭОТАР-Медиа, 2010. 976 с.
3. Макарчев А.И., Савин Е.И., Честнова Т.В. Анализ кала на скрытую кровь с позиций теории равновесных и неравновесных систем // Международный журнал экспериментального образования. 2016. №11. С. 266–267.
4. Макарчев А.И., Савин Е.И., Честнова Т.В. Анализ кала на скрытую кровь с позиций биоинформатики // Международный журнал экспериментального образования. 2016. №12. С. 60–62.
5. Савин Е.И., Честнова Т.В., Гавриленко О.В. К вопросу о биоинформационном анализе показателей общественного здоровья // Сборник статей I Международной научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации». Том 1. Ставрополь, 2016. С. 102–105.
6. Суслов В.И., Ибрагимов Н.М., Талышева Л.П., Цыплаков А.А. Эконометрия: Учебное пособие. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. 744 с.
7. Честнова Т.В., Гавриленко О.В., Савин Е.И. Взгляды на явления «наркотизация» и «преступность» с точки зрения интеграции дисциплин «Правоведение» и «Общественное здоровье и здравоохранение, экономика здравоохранения» в педагогическом процессе по специальности «Лечебное дело». Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей V международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Гуляева Г.Ю. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2017. 156 с.
8. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Персонализированная медицина с позиций третьей парадигмы медицины // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. №8. С. 74.
9. Хадарцев А.А., Исаева Н.М., Субботина Т.И., Яшин А.А. Код Фибоначчи и «золотое сечение» в экспериментальной патофизиологии и электромагнитобиологии: Монография. Серия «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 4 / Под ред. Субботиной Т.И. и Яшина А.А. Москва–Тверь–Тула: ООО «Издательство «Триада», 2007. 136 с.
10. Хадарцев А.А., Кидалов В.Н. Тезисы о крови и биологических жидкостях / Под ред. Хадарцева А.А. Тула: Тульский полиграфист, 2009. 244 с.
11. Хадарцев А.А., Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем – альтернатива теории Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 3. С. 336.

### References

1. Es'kov VM, Dzhumagalieva LB, Gudkova SA, Kravchenko EN. Tret'ya paradigma i dinamika sotsial'nykh system [The Third Paradigm and the Dynamics of Social Systems]. Vek globalizatsii. 2014;1(13):43-55. Russian.
2. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika: uchebnoe posobie [Clinical laboratory diagnostics: a textbook]. GEOTAR-Media; 2010. Russian.

3. Makarchev AI, Savin EI, Chestnova TV. Analiz kala na skrytuyu krov' s pozitsiy teorii ravnovesnykh i neravnovesnykh system [Analysis of feces for latent blood from the standpoint of the theory of equilibrium and nonequilibrium systems]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2016;11:266-7. Russian.
4. Makarchev AI, Savin EI, Chestnova TV. Analiz kala na skrytuyu krov' s pozitsiy bioin-formatiki [Analysis of feces for latent blood from the position of bioinformatics]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2016;12:60-2. Russian.
5. Savin EI, Chestnova TV, Gavrilenko OV. K voprosu o bioinformatsionnom analize pokazateley obshchestvennogo zdorov'ya [To the question of bioinformation analysis of public health indicators]. *Sbornik statey I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennaya meditsina: traditsii i innovatsii»*. Tom 1. Stavropol'; 2016. Russian.
6. Suslov VI, Ibragimov NM, Talysheva LP, Tsyplakov AA. Ekonometriya: Uchebnoe posobie [Econometrics: A Tutorial]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN; 2005. Russian.
7. Chestnova TV, Gavrilenko OV, Savin EI. Vzgl'yady na yavleniya «narkotizatsiya» i «prestup-nost'» s tochki zreniya integratsii distsiplin «Pravovedenie» i «Obshchestvennoe zdorov'e i zdavookhranenie, ekonomika zdavookhraneniya» v pedagogicheskom protsesse po spetsial'nosti «Lechebnoe delo» [Views on the phenomena of "anesthesia" and "criminality" from the point of view of integration of disciplines]. *Sovremennoe obrazovanie: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii. Sbornik statey V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshch. red. Gulyaeva GY. Penza: MTsNS «Nauka i prosveshchenie»; 2017. Russian.*
8. Khadartsev AA, Es'kov VM. Personifitsirovannaya meditsina s pozitsiy tret'ey paradigmy meditsiny [Personalized medicine from the position of the third paradigm of medicine]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2012;8:74. Russian.
9. Khadartsev AA, Isaeva NM, Subbotina TI, Yashin AA. Kod Fibonachchi i «zolotoe sechenie» v eksperimental'noy patofiziologii i elektromagnitobiologii: Monografiya [Fibonacci code and "golden ratio" in experimental pathophysiology and electromagnetobiology: Monograph]. Seriya «Eksperimental'naya elektromagnitobiologiya», vyp. 4. Pod red. Subbotinoy TI. i Yashina AA. Moscow–Tver'–Tula: OOO «Izdatel'stvo «Triada»; 2007. Russian.
10. Khadartsev AA, Kidalov VN. Teziografiya krovi i biologicheskikh zhidkostey [Theory of blood and biological fluids]. Pod red. Khadartseva AA. Tula: Tul'skiy poligrafist; 2009. Russian.
11. Khadartsev AA, Dudin NS, Rusak SN, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem – al'ternativa teorii Lyapunova [New approaches in the theory of the stability of biosystems - an alternative to the theory of Lyapunov]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2011;3:336. Russian.

---

**Библиографическая ссылка:**

Честнова Т.В., Савин Е.И., Макаревич А.И. Коэффициент ранговой корреляции и характеристика лабораторных показателей с точки зрения равновесия системы // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №2. Публикация 7-6. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-2/7-6.pdf> (дата обращения: 11.05.2017). DOI: 10.12737/article\_591561ceca0d24.29906802.